

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. H.G. Sergl)

ZUR METRISCHEN ERFASSUNG DER APIKALEN BASIS -
EIN NEUES MECHANISCHES ÜBERTRAGUNGSGERÄT

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin der Johannes Gutenberg - Universität
Mainz

Dem Fachbereich Medizin
vorgelegt von

Alexander Klueglein
aus Frankfurt / Main

Mainz ~~1985~~

1986



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554411_0019

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz
(Direktor: Prof. Dr. H.G. Sergl)

ZUR METRISCHEN ERFASSUNG DER APIKALEN BASIS -
EIN NEUES MECHANISCHES ÜBERTRAGUNGSGERÄT

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin der Johannes Gutenberg - Universität
Mainz

Dem Fachbereich Medizin
vorgelegt von

Alexander Klueglein
aus Frankfurt / Main

Mainz 1985

Dekan : Prof. Dr. J. Michaelis

1. Gutachter : Prof. Dr. H.G. Sergl

2. Gutachter : Prof. Dr. A. Fessler

Tag der Promotion : 04.02.1986

Meinen geliebten Eltern

1. Mein Dank für die Liebe und Fürsorge, die ich von Kind an empfangen habe

2. Das Glück, das mir die Eltern geschenkt haben, und die Freude, die ich an ihnen finde

3. Die Liebe, die ich zu ihnen empfinde

4. Mein Dank für die Erziehung, die ich von ihnen empfangen habe

**Meinen
geliebten Eltern
in Dankbarkeit gewidmet**

5. Das Glück, das mir die Eltern geschenkt haben, und die Freude, die ich an ihnen finde

6. Die Liebe, die ich zu ihnen empfinde

7. Mein Dank für die Erziehung, die ich von ihnen empfangen habe

8. Das Glück, das mir die Eltern geschenkt haben, und die Freude, die ich an ihnen finde

9. Die Liebe, die ich zu ihnen empfinde

10. Mein Dank für die Erziehung, die ich von ihnen empfangen habe

11. Das Glück, das mir die Eltern geschenkt haben, und die Freude, die ich an ihnen finde

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung und Problemstellung	1
2. Die apikale Basis und Meßverfahren zu deren Erfassung in der Literatur	3
2.1. Die apikale Basis	3
2.2. Meßverfahren zur Erfassung der apikalen Basis	8
3. Das neue mechanische Übertragungsgerät	15
3.1. Folgerungen aus dem Literaturstudium und die sich daraus ergebenden Forderungen an das neue Übertragungsgerät	15
3.2. Arbeitsprinzip des Übertragungsgerätes	17
3.3. Konstruktion und Funktion der einzelnen Geräteteile	19
4. Anwendung des Gerätes - Untersuchungsgut, Methodik und Statistik	28
4.1. Untersuchungsgut und Methodik	28
4.2. Ergebnisse der statistischen Analyse	31

	Seite
5. Diskussion	41
6. Zusammenfassung	46
7. Literaturverzeichnis	48

Lebenslauf

1. Einführung und Problemstellung

Den Begriff apikale Basis hat LUNDSTRÖM (27) 1923 in die Kieferorthopädie eingeführt. Man versteht darunter "den Kieferabschnitt, in welchem die Wurzeln der Zähne eingebettet sind" (HOFFMANN-AXTHELM, 22).

Die Bezeichnung soll den funktionell ambivalenten Charakter dieser Übergangsregion zum Ausdruck bringen; teils zum Alveolarfortsatz gehörig und damit über die Zähne umbaufähig, teils dem Kieferkörper zugerechnet und damit je nach Behandlungsmaßnahme mehr oder weniger beeinflussbar.

Der individuellen Ausdehnung der apikalen Basis kommt aus diagnostischer und damit auch aus therapeutischer Hinsicht sowie aus Gründen der Rezidivprophylaxe eine eminente Bedeutung zu.

Bei der derzeitigen Modellvermessung wird jedoch der Anwendung des PONT'schen Index, in Deutschland in der Modifikation nach KORKHAUS, eine vorrangige Stellung eingeräumt. Die Relation dieser "coronalen Basis" zum "Wurzelgrund", um zwei Begriffe von SCHWARZ (33) zu nennen, wird zu wenig berücksichtigt.

So darf zum Beispiel bei der häufig angewandten Dehnungstherapie, laut JONAS et al. (23), die Indikation nur bei einem zu erwartenden Ausgleich der vorhandenen Diskrepanz: apikale Basis - Zahnbogen gestellt werden.

Aus der Kenntnis der Wichtigkeit der apikalen Basis ergibt sich die Notwendigkeit diese darzustellen, d. h. sie vom Modell aus zu übertragen, sie zu vermessen und zu interpretieren.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein mechanisches Übertragungs-
gerät zu konstruieren, das uns in die Lage versetzt, die
apikale Basis vom Kieferabguß auf eine Zeichenunterlage
maßstabgetreu zu übertragen.

Die so gewonnenen zweidimensionalen Wiedergaben der
apikalen Basis, kann flächenmäßig erfaßt werden und als
Ausgangspunkt weiterführender wissenschaftlicher Arbeiten
Verwendung finden.

2. Die apikale Basis und Meßverfahren zu deren Erfassung in der Literatur

2.1. Die apikale Basis

Wie eingangs erwähnt, kommt LUNDSTRÖM (27) das Verdienst zu, den Begriff "apikale Basis" geprägt zu haben. Er geht dabei, wie DEMISCH (8) schreibt, "von der "apikalen Zone" von OTTOFY aus und nennt "äußere" (buccal-labiale), bzw. "innere" (palatinale) "apikale Zone" den Streifen an der Kieferoberfläche, der sich - parallel zu den Kronen und Wurzelspitzen der Zahnreihe - vom Margo her bis auf die Höhe der Wurzelspitzen dem Alveolarfortsatz entlang zieht. "Das im Kieferquerschnitt unmittelbar anschließende Gebiet, auf dem das durch die apikalen Zonen begrenzte Knochenstück ruht oder an dem es befestigt ist, kann apikale Basis genannt werden"."

BLUNTSCHLI (3) nennt diese Region "Basalbogen". Im Unterkiefer umfaßt dies die Tragspange, die vom Kieferköpfchen beider Seiten ausgeht, geschwungen zur Mitte zieht und sich dort, im Bereich der Symphyse, mit der gegenseitigen Spange verbindet. Die sog. Apophysen gehören nicht dazu.

Im Oberkiefer findet er zwei Anteile: die Pfeiler im Gesichtsgerüst und den Basalbogen, an dem diese Pfeiler ansetzen, den sie versteifen und verankern.

SCHWARZ (33) nennt die apikale Basis "Wurzelgrund" und versteht darunter den das Gebiß tragende Teil des Kieferkörpers. Die Relation "coronale Basis" zu "apikaler Basis" bestimmt die Neigung der Zahnachse, wie aus Abbildung 1 ersichtlich:

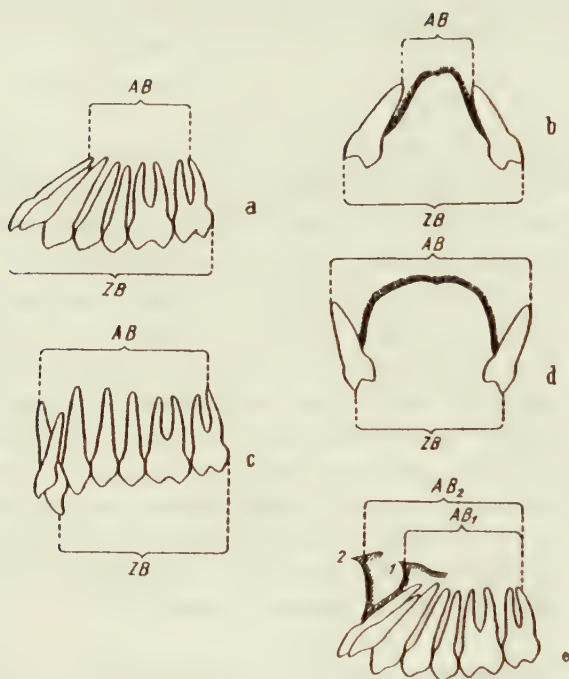


Abb. 1. Das Verhältnis der Zahnstellung zum Wurzelgrund (aus SCHWARZ, 33).

Auch bei LIEB (26) findet man einen Hinweis auf die Achsenrichtung der oberen Schneidezähne in Abhängigkeit zur apikalen Basis im Zwischenkieferbereich.

VAN DER LINDEN (34) hat in diesem Zusammenhang 1979 den Begriff "apikaler Bereich" eingeführt, den er altersabhängig wie folgt definiert:

"Der apikale Bereich bei einem Kleinkind besteht aus der Zone, in der sich die bildenden Teile der Milch- und bleibenden Zähne befinden. Im Milchge-

biß ist der apikale Bereich jene Zone, in der die Wurzelspitzen der Milchzähne zu lokalisieren sind und sich die bildenden Teile der bleibenden Zähne befinden. Im Wechselgebiß besteht der apikale Bereich aus derjenigen Zone, in welcher die Wurzeln der Milch- und bleibenden Zähne lokalisierbar sind und sich die bildenden Teile der nichtdurchgebrochenen bleibenden Zähne befinden. Beim Erwachsenen wird als apikaler Bereich die Region bezeichnet, in der die Wurzelspitzen der voll ausgebildeten Zähne normalerweise lokalisiert werden können."

Der Ausdruck "Bereich" bezeichnet eine Region mit bestimmten Strukturen oder Funktionen.

Mit der Einführung des Begriffes apikale Basis ergab sich auch bald eine rege Diskussion um deren therapeutische Beeinflußbarkeit, "denn die innigen funktionellen und statischen Zusammenhänge zwischen Alveolarfortsatz, apikaler Basis und dem ganzen Kieferkörper lassen mit großer Wahrscheinlichkeit die Annahme gerechtfertigt erscheinen, daß die Beeinflussung einer dieser Komponenten eine entsprechende Veränderung einer oder mehrerer anderer Komponenten nach sich zieht"(BOESEN, 4).

Eine Behandlungsmethode, die in sehr kurzer Zeit zu einer extremen Zunahme der apikalen Basis führt, ist die sog. Gaumennahtsprengung, besser als Gaumennaht-erweiterung bezeichnet.

Sie wurde erstmals 1860 von ANGELL (2) in San Francisco durchgeführt und in Europa 1933 von MELA (29) und ab 1956 von DERICHSWEILER (9, 10) publiziert.

Weiterhin, "als besonders geeignet zur Beeinflussung der apikalen Basis in transversaler Richtung, hat sich die sog. Dehnungsplatte mit Schraube erwiesen, die von NORD erstmals angegeben" (BOESEN, 4) und von SCHWARZ (32) zu einem universellen System ausgebaut wurde.

Dank ihrer großen Auflagefläche erlaubt die Dehnplatte eine direkte Beeinflussung der Alveolarfortsätze und der apikalen Basis.

Untersuchungen, die sich mit der Einwirkung von Platten auf die apikale Basis beschäftigen, findet man bei DEMISCH (8), JONAS et al. (23), FALCK (12), DERICHSWEILER (10), HAUSSER (17), GEHRING (15), KORKHAUS (25), MÜLLER (30) u.a.

Auch mit Hilfe der Funktionskieferorthopädie ist eine Beeinflussung der apikalen Basis möglich.

Neben dem Aktivator nach ANDRESEN (1) wird dem Funktionsregler nach FRÄNKEL (13, 14) große Effektivität in der Vergrößerung der apikalen Basis zugeschrieben (vergl. FALCK, 12).

Neben diesen herausnehmbaren Apparaturen haben aber auch festsitzende Bandapparaturen die Möglichkeit therapeutisch auf die apikale Basis einzuwirken. Hier ist, bedingt durch die Tatsache der körperlichen Zahnbewegung, eine Einflußnahme auf die Stellung der Zahnwurzeln und damit auf die apikale Basis gegeben.

Abschließend kann man sagen, so DEWEY (11), daß man bei jüngeren Individuen die auftretenden Veränderungen nicht so sehr als ein Resultat direkter apparativer Einwirkungen ansprechen könne. Vielmehr sei es so, daß die mechanische Wirkung der Apparatur lediglich einen günstigen Anreiz zur nachträglichen Entwicklung darstelle, und die einsetzende Nachentwicklung in günstige Bahnen lenke. Bei älteren Individuen, bei denen eine Wachstumstendenz nur noch in geringem Maße oder gar nicht mehr vorhanden sei, sind die Veränderungen des Kieferkörpers und dessen Umgebung vorwiegend als ein Produkt der mechanischen Auswirkung einer Apparatur anzusehen.

2.2. Meßverfahren zur Erfassung der apikalen Basis

Mit dem Erkennen der Bedeutung der apikalen Basis wurden Meßverfahren und damit auch Geräte entwickelt, die einen besseren Überblick und auch objektivierbare Angaben über die recht schwierig darzustellende Region im Bereich der Wurzelspitzen erlauben:

1) klinisch, palpatorisches Verfahren:

Um klinisch einen ersten Überblick über die apikale Basis zu erhalten empfiehlt SCHWARZ (33):

"Indem wir mit den Fingern vorsichtig gegen die Umschlagfalten der Lippen und Wangen vordringen, können wir die äußeren Kieferwände entlang den Wurzelwülsten der Zahnfächer meist in ihrer ganzen Höhe abtasten und diesen Befund, wenn die Weichteildecke nicht allzu mächtig entwickelt ist, auch durch Abtasten des Gesichts von außen erweitern."

2) röntgenologische Verfahren:

Neben dem üblichen Fernröntgenseitenbild, das einen gewissen Einblick in die Ausdehnung der apikalen Basis in sagittaler Richtung erlaubt, wurde u.a. von DAUSCH - NEUMANN (7), HAGEMANN (16) und BRAUN (5) am frontalen Fernröntgenbild die Ausdehnung der apikalen Basis in der transversalen Richtung bestimmt.

DAUSCH - NEUMANN (7) schreibt: "Die apikale Basis befindet sich zwischen C_1 und C_2 . Es ist die breiteste Stelle der Oberkieferbasis vor dem Übergang in das Os zygomaticum." C_1 und C_2 sind definierte Punkte.

Die Breite der apikalen Basis gibt sie beim Deckbild mit 67,5 (mm) und bei Patienten mit Kieferkompression mit 63,3 (mm) im Mittel an.

3) Verfahren mittels mechanischer Übertragungsgeräte:

Bei BRUHN (6) findet sich eine gute, bildreiche Zusammenstellung der bis heute verwendeten mechanischen Übertragungsgeräte, die unter anderem zur Übertragung von Gaumenkurven, von Zahnbögen und der apikalen Basis geeignet sind.

Besondere Aufmerksamkeit verdient der Symmetrograph nach KORKHAUS in Kombination mit einem Fallgitter (Abb. 2) oder mit einem Zusatzteil zum direkten Übertragen von Gaumenkurven usw. auf Papier (Abb. 3).

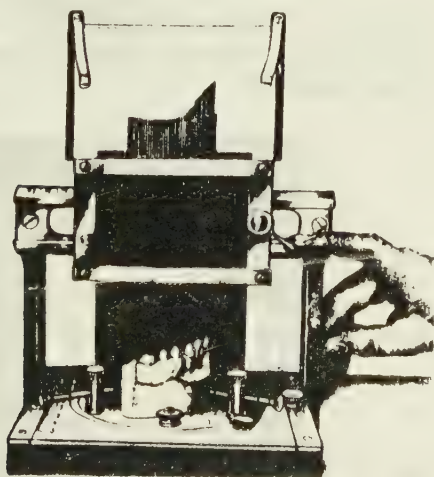


Abb. 2. Fallgitter am Symmetrographen nach KORKHAUS (aus BRUHN, 6).

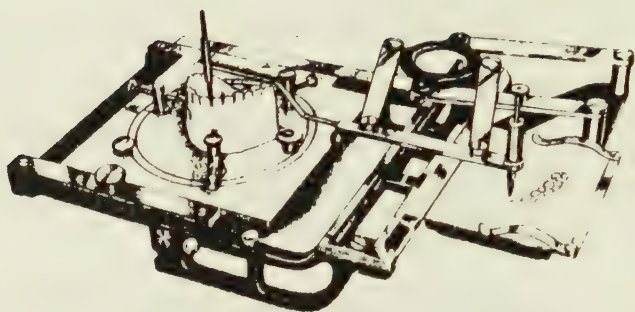


Abb. 3. Der Symmetrograph nach KORKHAUS
(aus BRUIIN, 6).

Ein ähnliches Gerät stellt der Gnathograph nach SIMON dar (Abb. 4).

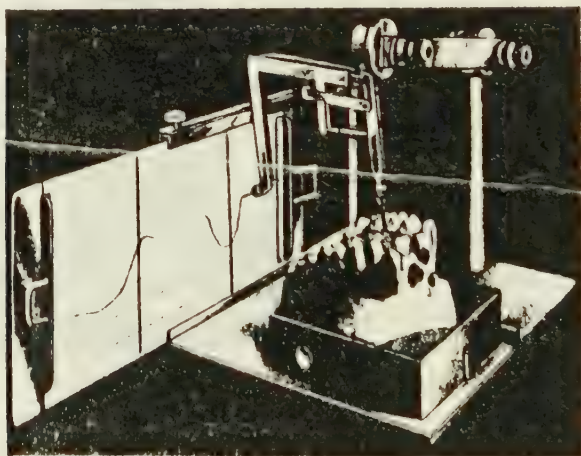


Abb. 4. Der Gnathograph nach SIMON (aus BRUIIN, 6).

Den Meßapparat nach STANTON, der auf dem Prinzip des Storchenschnabels beruht, zeigt Abbildung 5.

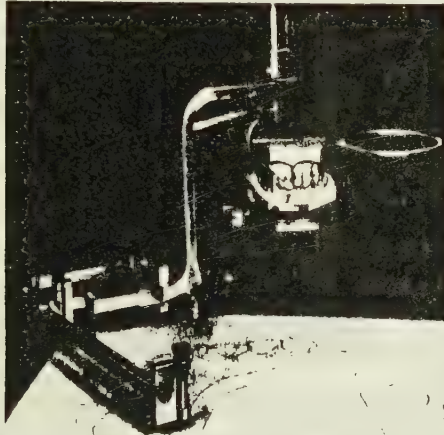


Abb. 5. Die Meßapparatur nach STANTON
(aus BRUHN, 6).

Auch im Lehrbuch der Anthropologie von MARTIN und SALLER (28) findet sich ein Gerät, mit dem man u.a. die apikale Basis übertragen kann. Es handelt sich dabei um den Diagraph nach MARTIN (Abb. 6).

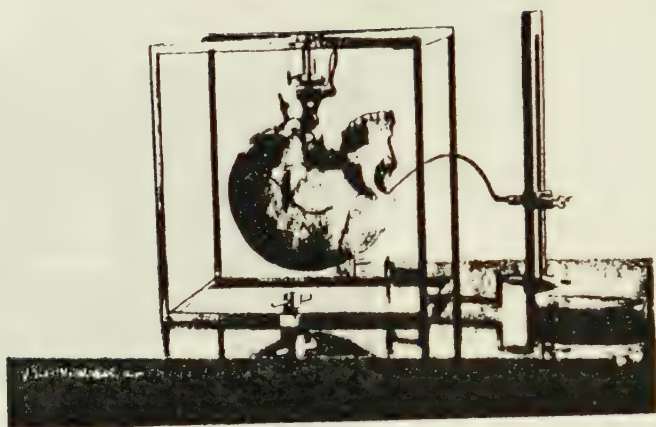


Abb. 6. Diagraph nach MARTIN und Schädel im Kubuskraniophor (aus MARTIN u. SALLER, 28)

MARTIN und SALLER (28) geben auch ein einfaches Verfahren an, das zur Übertragung von "Umrißabformungen", hier der apikalen Basis herangezogen werden kann:

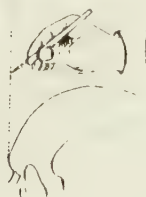
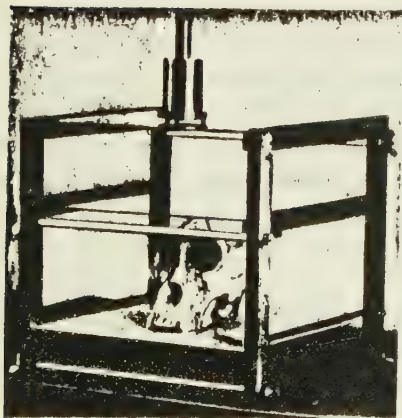
"Am einfachsten bedient man sich zur Herstellung von Umrißabformungen eines dünnen Bleidrahtes oder besser noch eines ungefähr 2 - 3 (mm) breiten, 2 (mm) dicken Streifens biegsamen Bleibleches, die sorgfältig an die zu zeichnende Kurve angepreßt, dann wieder abgenommen und auf Papier nachgezeichnet werden."

4) Verfahren mittels optisch - graphischer Übertragungsgeräte:

Neben den rein mechanischen Übertragungsgeräten, findet sich bei MARTIN und SALLER (28) auch eine Abbildung eines optischen Übertragungsgerätes. Es handelt sich dabei um den Dioptograph (Abb. 7 und 8).



Abb. 7. Dioptograph nach MARTIN
(aus MARTIN u. SALLER, 28).



In neuerer Zeit wird von KINAST (24) ein Gerät, der Okklusograph, vorgestellt. Mit diesem Gerät lassen sich u.a. die Zahnreihen exakt durchzeichnen.

Diese optisch - graphische Übertragungsgeräte haben den Nachteil, daß man mit ihnen untersichgehende Modellpartien nicht einsehen und folglich auch nicht graphisch darstellen kann.

Als Ausweg wäre eine Sägeschnittführung am Modell in Höhe der apikalen Basis notwendig.

3. Das neue mechanische Übertragungsgerät

3.1. Folgerungen aus dem Literaturstudium und die sich daraus ergebenden Forderungen an das neue Übertragungsgerät

Die Durchsicht der Literatur läßt erkennen, daß es eine Vielzahl von Verfahren zur Bestimmung der apikalen Basis gibt.

Das klinisch palpatorische Verfahren liefert dem erfahrenen Behandler einen guten Einblick in die Beschaffenheit der apikalen Basis - ist jedoch wegen fehlender Objektivierbarkeit für wissenschaftliche Auswertungen nicht geeignet.

Die optischen Übertragungsgeräte haben, wie schon gesagt, den Nachteil, daß man mit ihrer Hilfe untersichgehende Modellpartien nicht einsehen kann. Hier werden Zwischenschritte, z.B. Sägeschnitte am Modell in Höhe der apikalen Basis, nötig. Dadurch aber werden die Modelle zerstört.

Auch die röntgenologischen Verfahren können nicht als optimal bezeichnet werden, da hier jeweils ein dreidimensionaler Gegenstand zweidimensional abgebildet wird. Eine exakte Bestimmung der Fläche der apikalen Basis ist damit unmöglich; es können nur getrennt Aussagen über die Ausdehnung in sagittaler und in transversaler Richtung im Bereich bestimmter Punkte gemacht werden.

Somit ergibt sich eine gewisse Überlegenheit der mechanischen Übertragungsgeräte. Die apikale Basis

wird von Kieferabgüssen auf eine Zeichenunterlage übertragen. Die so gewonnenen Abbildungen bestimmter Kieferregionen können ausgemessen - Strecken und Flächen bestimmt werden.

Dies geschieht z.B. mit Hilfe eines Planimeters. Zu diesem Zwecke ist auch der Einsatz von EDV - Anlagen denkbar.

Von den in der Literatur angegebenen mechanischen Übertragungsgeräten scheint der Symmetrograph nach KORKHAUS am geeignetsten. Jedoch sind hier konstruktionsbedingt Fehler bei der Übertragung zu erwarten, ein Umstand der statistisch belegt wurde (s. Kap. 4.2.).

Zieht man die Schlußfolgerungen aus dem bisher gesagten, so ergeben sich folgende Forderungen an das neue mechanische Übertragungsgerät:

- exakte, maßstabgetreue Wiedergabe der zu übertragenden Kieferabschnitte,
- Wiedergabe auch unterschichgehender Stellen muß möglich sein - die zu vermessenden Modelle bedürfen keiner besonderen Vorbereitung (z.B. Sägeschnitt),
- einfache, problemlose Handhabung,
- keine Beschädigung der Modelle beim Abtasten,
- Reproduzierbarkeit der Übertragungen.

3.2. Arbeitsprinzip des Übertragungsgerätes

Abbildung 9 zeigt das neue Meßgerät, das im wesentlichen aus einer Abtastvorrichtung und aus einer Aufzeichnungsvorrichtung besteht.



Abb. 9. Das neue Übertragungsgerät.

Beide Vorrichtungen sind durch ein doppeltes Scherengelenk miteinander verbunden. Die eine Seite des Gelenkes dient dem Abtasten der Modelle, die andere Seite überträgt dies auf eine Zeichenunterlage. Die Aufzeichnungen sind maßstabgetreu.

Die maßstabgetreue Wiedergabe wird durch die Konstruktion des doppelten Scherengelenkes, dessen Funktionsablauf Abbildung 10 wiedergibt, gewährleistet.

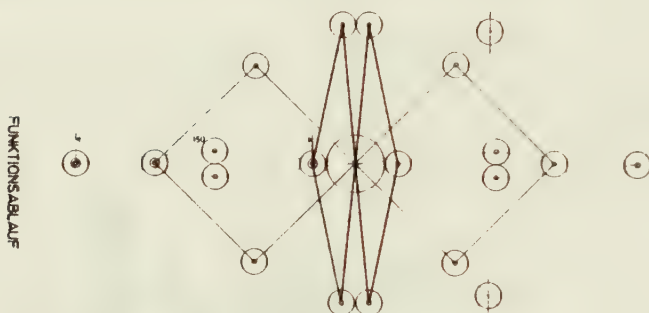


Abb. 10. Funktionsablauf des doppelten Scherengelenkes.

Abbildung 10 zeigt die beiden Extremstellungen, einmal maximal gestreckt, das andere Mal ganz zusammen geschoben. Zwischen beiden Extremen liegt eine Distanz von 150 (mm).

Weiterhin läßt sich das Scherengelenk um die Mittelachse drehen, so daß es beim Übertragen zu einer Seitenvertauschung rechts / links kommt. Die gesamt zu umfahrende Fläche der Abtastnadel bzw. der Schreibvorrichtung ist damit festgelegt.

3.3. Konstruktion und Funktion der einzelnen Geräteteile

Die Beschreibung des Übertragungsgerätes erfolgt schrittweise angefangen von der Sockelplatte bis hin zum vollständigen Übertragungsgerät.

Die Sockelplatte aus Aluminiumguß mit den Abmessungen 320 x 160 x 25 (mm) zeigt Abbildung 11. Zentrisch befindet sich auf der Platte eine 5 (mm) hohe Buchse mit Innengewinde zur Aufnahme der Spindel.

Auf der linken Seite des Sockels ist ein Drehteller mit drei Feststellschrauben zur Fixierung der Modelle angebracht.

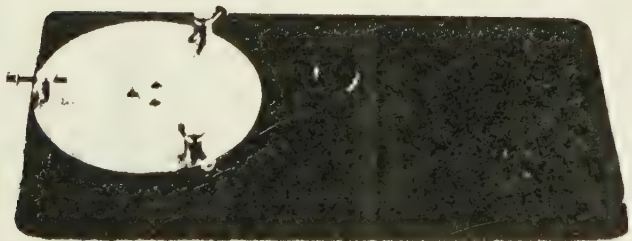


Abb. 11. Die Sockelplatte mit Drehteller.

Die Spindel $\varnothing$ 12 (mm), die der Aufnahme der weiteren Geräteteile dient, zeigt Abbildung 12. Sie wird mit einer Sechskantmutter auf der Sockelplatte fixiert (s. Abb. 13).



Abb. 12. Die Spindel mit Unterlegscheibe und Sechskantmutter.



Abb. 13. Sockelplatte mit Spindel und Drehteller.

Auf die Spindel kommen einige Abstandsbüchsen (s. Abb. 14), die zur Einstellung der Schreibkonsole sowie des doppelten Scherengelenkes in verschiedenen vertikalen Positionen dienen (s. Abb. 15).



Abb. 14. Abstandsbüchsen in verschiedenen Längen und Rändelmutter.



Abb. 15. Sockelplatte und Spindel mit zwei Abstandsbüchsen.

Nun wird die Schreibkonsole auf die Spindel gesteckt (s. Abb. 16).

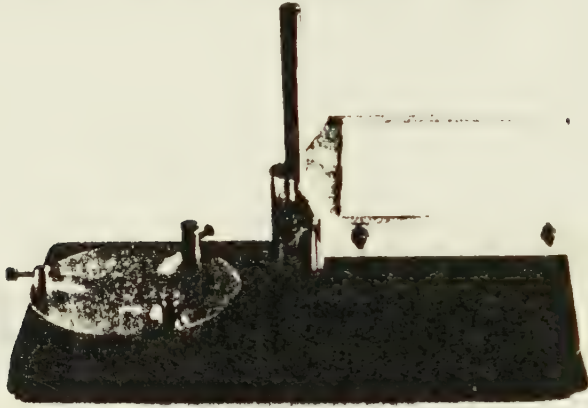
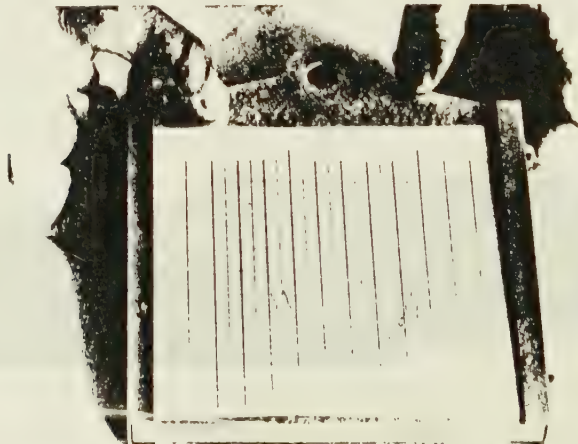


Abb. 16. Die Schreibkonsole ist montiert.

Die Schreibkonsole mit den Abmessungen 171 x 150 (mm) verfügt über zwei Haltevorrichtungen für die Schreibunterlage:

- 1) eine Klemmvorrichtung beidseits der Platte, die mit Federdruck arbeitet (s. Abb. 17).



- 2) eine Blattansaugvorrichtung, die an eine Vakuumpumpe angeschlossen werden muß. Der Anschluß für die Pumpe ist auf Abbildung 18 oben links zu erkennen

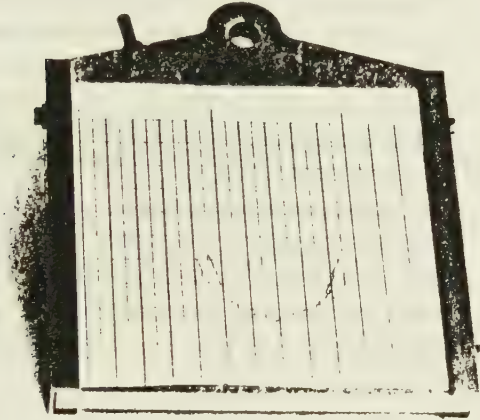
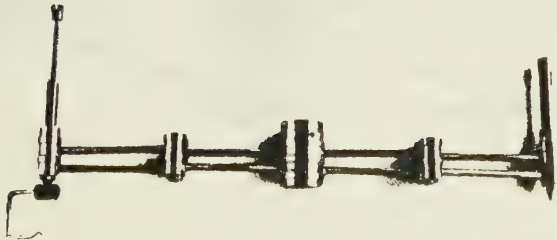


Abb. 18. Die Schreibkonsole mit eingespanntem Papier und Anschluß für die Vakuumpumpe.

Bevor nun der wichtigste Teil des Gerätes, das doppelte Scherengelenk (s. Abb. 20), montiert wird, werden weitere Abstandsbüchsen auf die Spindel gesteckt.



Das Scherengelenk besteht aus einem oberen und einem unter Scherengelenk, deren Drehpunkt exakt in Spindelmittle liegt. Auf Abbildung 20 sieht man rechts die Abtastnadel mit Griffstück und links die Schreibvorrichtung zur Aufnahme der Kugelschreibermine. Die Spitze der Abtastnadel hat zur Spindelmittle den Abstand von 150 (mm) - ebenso der Abstand der Spitze der Mine zur Spindelmittle. Dies garantiert, neben der aufwendigen Lagergestaltung, eine maßstabgetreue Wiedergabe der abgetasteten Gegenstände.

Die Bewegungsmöglichkeit des Scherengelenkes aus einer Mittelstellung, wie sie in Abbildung 21 abgebildet ist, zeigen die Abbildungen 22 und 23 - einmal extrem gestreckt, das andere Mal soweit wie möglich zusammen geschoben.

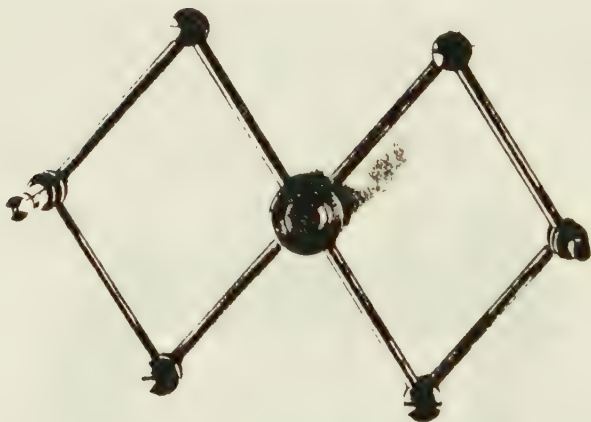


Abb. 21. Mittelstellung des Scherengelenkes.



Abb. 22. Das Scherengelenk maximal auseinander gezogen.



Abb. 23. Das Scherengelenk maximal zusammen geschoben.

Um das Übertragungsgerät zu komplettieren, werden die restlichen, nicht eingebauten Abstandsbüchsen aufgefüllt und durch schrauben der Rändelmutter (s. Abb. 14) fixiert.

Dabei wird auch ein leichter Druck auf die Lagerfläche der Schreibkonsole ausgeübt und diese somit in Stellung gehalten.

Abbildung 24 zeigt das komplett zusammengesetzte Übertragungsgerät in Funktionsbereitschaft.

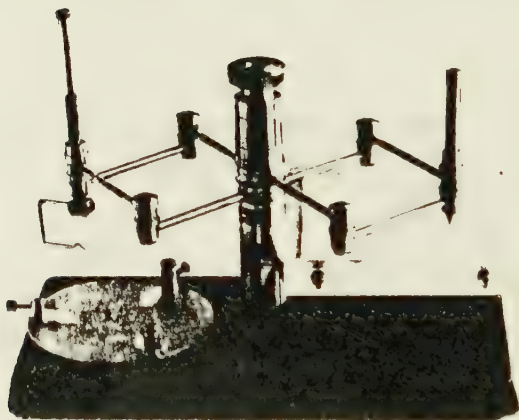


Abb. 24. Das neue Übertragungsgerät.

Aus der Stückliste ist das verwendete Material sowie der Bearbeitungsgrad der einzelnen Geräteteile ersichtlich:

Stückliste zur Zeichnung Nr 1001

Nr	Stück	Bezeichnung	Material	Bearbeitungsgrad
1	1	Socket	Alu-Guss	Oberfläche ∇∇∇ sonst ∇∇
2	1	Spindel	Wellenstahl	∇∇
3	1	Unterlegscheibe	dta	∇∇
4	1	Sechskantmutter 12x1,5	dta	∇∇
5	1	Randelmutter 12x1,25	dta	∇∇
6a	1	Schreibkonsole	Alu-Guss	Oberfläche ∇∇∇ sonst ∇∇
6b	2	Scharnierleiste I	Tiefziehblech 0,8 mm stark	∇∇
6c	2	Scharnierleiste II	Tiefziehblech 0,8	∇∇
6b	2	Verbindungsstifte für Scharniere	Silberstahl Ø1,5	∇∇∇
6e	4	Druckfedern für Scharniere	Federstahlband 12x0,8	∇∇
6f	6	Schrauben M 3x7, Flachkopf	Wellenstahl	∇∇
7	4	Abstandbuchsen verschiedener Länge	Alu-Guss	∇∇
8	1	Lagerbuchse	Einsatzstahl	Kugelnritze ∇∇∇ sonst ∇∇
9	1	Mutter zur Lagerbuchse	Einsatzstahl	Kugelnritze ∇∇∇ sonst ∇∇
10	1	Gegenmutter zu 9	Wellenstahl	∇∇
11	2	Oberes Scherenenteil	Einsatzstahl	Kugelnritzen ∇∇∇ sonst ∇∇
12	1	Unteres Scherenenteil	dta	dta
13	2	Oberes Verbindungsstück	Einsatzstahl	Kugelnritzen ∇∇∇ sonst ∇∇
14	2	Unteres Verbindungsstück	dta	dta
15	4	Gelenkschrauben	Einsatzstahl	Kugelnritze ∇∇∇
16	6	Sechskantmutter 8x0,75	Wellenstahl	∇∇
17a	1	Gelenkschraube mit Mine	Einsatzstahl	Kugelnritze ∇∇∇
17b	1	Hülse	Wellenstahl	∇∇
17c	1	Haltestift für Mine	Wellenstahl	∇∇
17d	1	Randelmutter	dta	∇∇
17e	1	Stiftschraube zu 17d	dta	∇∇
17f	1	Druckfeder	Federstahldraht 0,6	∇∇
17g	1	Schreibmine 62x2,3	Messing	∇∇
18a	1	Gelenkschraube	Einsatzstahl	Kugelnritze ∇∇∇ sonst ∇∇
18b	1	Aufsteckhülse	Messing	∇∇
18c	1	Randelmutter	Wellenstahl	∇∇
18d	1	Abtastnadel	Silberstahl 3mm	∇∇∇
18e	1	Druckfeder	Federstahldraht	∇∇∇
19	80	Stahlkugel	Silberstahl	∇∇∇
20	360	Stahlkugel	Silberstahl	∇∇∇

4. Anwendung des Gerätes -

Untersuchungsgut, Methodik und Statistik

4.1. Untersuchungsgut und Methodik

Um das neue Übertragungsgerät zu überprüfen, wurden zwei Meßreihen, einmal mit dem Symmetrographen nach KORKHAUS, das andere Mal mit dem neu entwickelten Gerät durchgeführt und die Ergebnisse anschließend statistisch ausgewertet.

Als Untersuchungsgut dienten 20 Kieferabgüsse von Studenten der Zahnmedizin der hiesigen Universität, die nach kieferorthopädischen Gesichtspunkten gewonnen und gesockelt wurden - sog. "Schaumodelle".

Von jedem dieser 20 Modelle wurde zunächst je 5 mal der Zahnbogen analog den Angaben von HERREN (18 - 21) übertragen. Dieser sieht die Verbindungslinie von Kontaktpunkt zu Kontaktpunkt vor, beginnend bei Kontakt 6/5 bis zum gleichen Punkt der Gegenseite:

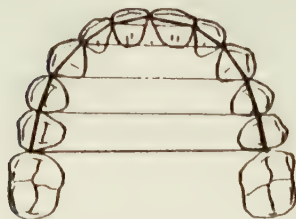


Abb. 25. Der Polygonzug nach HERREN (18 - 21).

Die so von jedem Modell gewonnenen 5 Übertragungen schließen je eine Fläche ein, deren Inhalt mit Hilfe eines Planimeters ¹⁾ je 5 mal gemessen wurde. Pro Modell erhielt man auf diese Weise 25 Werte, die in der statistischen Auswertung mit F_1 bezeichnet wurden.

Im zweiten Durchgang wurde die apikale Basis übertragen, beginnend auf einer Seite auf Höhe des Kontaktpunktes 6/5 über die Mitte hinaus zur Gegenseite wieder bis zum Kontaktpunkt 6/5. In der Vertikalen wurde der Übergang von koronaler Konvexität zur vestibulärer Konkavität, mathematisch gesehen der Wendepunkt, gewählt:



Abb. 26. Der angenommene Verlauf der apikalen Basis.

Dieser Punkt darf mit genügender Genauigkeit auf Höhe der Wurzelspitzen liegend und damit der apikalen Basis entsprechend angenommen werden.

Auch hier wurde je 5 mal übertragen und je 5 mal mit dem Planimeter die Fläche gemessen. Die so erhaltenen 25 Werte pro Modell erhielten die Bezeichnung F_2 .

1) verwendet wurde das Gerät "MOP - zur halbautomatischen Erfassung bildanalytischer Daten" der Firma Kontron Meßgeräte, 8057 Eching.

Desweiteren wurde an jeder Kurve je 5 mal die transversale Ausdehnung im Bereich der Kontaktpunkte 6/5 mit dem Planimeter gemessen, - einmal an der Kurve des Zahnbogens, das andere Mal an der Kurve der apikalen Basis. Die je 25 Meßwerte wurden mit L_1 (= Breite des Zahnbogens) und L_2 (= Breite der apikalen Basis) bezeichnet.

Pro Modell fielen so 100 Meßwerte an und damit pro Meßreihe je 2000 Werte, was eine Gesamtsumme von 4000 Meßwerte ergibt.

4.2. Ergebnisse der statistischen Analyse

Die statistische Analyse wurde nach Übertragung der Daten auf Lochkarten an der Rechenanlage Honeywell Bull 66/80 der Universität Mainz am Institut für medizinische Statistik und Dokumentation unter Zuhilfenahme des Programmpaketes SP 55 durchgeführt.

Für die in beiden Meßreihen erhaltenen Daten wurden zunächst Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) berechnet.

Die Tabellen 1 - 4 fassen die Ergebnisse, jeweils im direkten Vergleich: altes Gerät (= I) - neues Gerät (= II), zusammen:

Tabelle 1. F_1 - Fläche der Zahnbögen in (mm²)

Ifd. Nr.:	I		II	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	896,16	12,47	876,25	8,16
2	789,96	14,63	799,77	7,89
3	699,12	7,64	699,53	5,29
4	667,17	12,16	640,66	6,27
5	856,68	6,63	849,34	4,51
6	808,27	7,24	802,68	6,65
7	821,33	18,18	810,58	7,36
8	803,32	13,34	798,12	6,48
9	793,31	9,34	773,72	5,97
10	671,30	12,37	671,79	8,52
11	656,99	9,51	669,59	9,36
12	743,18	12,38	748,42	6,74
13	929,74	14,20	926,06	7,12
14	699,32	21,97	677,20	7,03
15	769,90	9,95	770,44	4,19
16	674,32	13,37	691,39	7,05
17	753,62	23,03	772,44	7,41
18	943,34	16,39	980,81	8,04
19	998,95	12,15	1017,00	5,86
20	752,79	12,27	778,63	6,98

Tabelle 2. F_2 - Fläche der apikalen Basis in (mm^2)

lfd. Nr.:	I		II	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	1047,22	30,10	1139,60	17,81
2	962,15	14,44	992,26	14,11
3	826,46	7,85	893,42	6,57
4	859,10	15,88	904,68	8,10
5	1011,62	12,48	1073,44	12,66
6	1086,52	33,45	1167,72	9,50
7	933,40	22,35	1007,94	7,06
8	1096,33	44,56	1173,44	6,10
9	1011,50	17,34	1076,64	8,04
10	711,70	12,51	750,05	11,58
11	801,24	12,09	822,64	7,93
12	901,36	19,21	946,28	6,88
13	1134,32	15,63	1210,76	8,15
14	995,27	44,12	1029,40	7,24
15	1002,79	12,71	1050,36	6,59
16	874,35	10,90	934,27	8,95
17	913,74	19,40	929,56	7,61
18	1233,08	25,86	1297,76	11,70
19	1129,48	17,77	1141,88	6,06
20	1052,56	13,64	1095,60	6,84

Tabelle 3. L_1 - Breite des Zahnbogens in (mm)

lfd. Nr.:	I		II	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	48,25	0,48	48,83	0,44
2	49,95	0,48	50,75	0,74
3	43,71	0,43	43,93	0,45
4	44,40	0,23	44,86	0,49
5	45,78	0,35	47,41	0,75
6	45,78	0,30	46,55	0,35
7	46,53	0,30	46,74	0,45
8	46,44	0,69	47,50	0,49
9	48,41	0,23	48,63	0,40
10	47,42	0,31	48,00	0,37
11	46,23	0,26	47,13	0,39
12	45,33	0,52	46,50	0,87
13	47,26	0,44	47,74	0,33
14	48,70	0,91	49,15	0,74
15	44,06	0,17	44,96	0,53
16	44,89	0,20	46,51	0,60
17	49,32	0,39	49,98	0,71
18	51,34	0,39	52,36	0,70
19	50,56	0,45	51,16	0,41
20	48,97	0,35	49,54	0,53

Tabelle 4. L_2 - Breite der apikalen Basis in (mm)

lfd. Nr.:	I		II	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	58,55	0,59	59,94	0,52
2	61,86	0,91	64,10	0,61
3	56,83	0,42	56,76	0,39
4	59,97	0,68	63,83	0,74
5	57,31	0,37	61,07	0,91
6	58,11	0,29	59,60	0,36
7	62,20	0,45	63,55	0,61
8	60,67	0,46	63,03	0,39
9	56,61	0,42	58,64	0,52
10	56,68	0,20	57,86	0,41
11	59,82	0,61	60,89	0,56
12	60,04	0,43	62,75	0,64
13	63,25	0,18	65,45	0,75
14	61,63	0,20	64,89	0,46
15	58,77	0,21	60,15	0,51
16	58,08	0,40	60,05	0,41
17	56,87	0,24	57,78	0,51
18	63,73	0,27	66,00	0,44
19	62,00	0,34	62,84	0,56
20	58,44	0,30	59,71	0,55

Die bei den Messungen erhaltenen 4000 Daten basieren auf 3 Variationsquellen:

1. die verschiedenen Kieferabdrücke von Personen.
2. die verschiedenen Kurven vom gleichen Kieferabdruck
3. die verschiedenen Messungen an den Kurven.

Die Frage nach der Streuung, die durch diese Variationsquellen hervorgerufen wird, beantwortet folgendes varianzanalytisches Modell:

$$X_{ijk} = \mu + a_i + b_{ij} + e_{ijk}$$

wobei: $X_{ijk} \triangleq$ Meßwert, $i \triangleq$ Person, $j \triangleq$ Kurven,
 $k \triangleq$ Messungen

$\mu \triangleq$ Gesamtmittelwert

$a_i \triangleq$ Effekt der i -ten Person

$b_{ij} \triangleq$ Effekt der j -ten Kurve in der i -ten Person

$e_{ijk} \triangleq$ Meßfehler der k -ten Messung der j -ten Kurve in der i -ten Person

Die Varianzkomponenten zu den beiden Effekten und dem Meßfehler wurden bestimmt und folgendermaßen bezeichnet:

$$\hat{\sigma}_A^2, \quad \hat{\sigma}_B^2, \quad \hat{\sigma}_e^2.$$

Die Ergebnisse faßt Tabelle 5 zusammen:

Tabelle 5. Zusammenstellung der Varianzkomponenten.

		$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_B^2$	$\hat{\sigma}_e^2$
F_1	I	99	12	8,2
	II	102	5,3	14,3
F_2	I	129	22	10,3
	II	139	7,2	6,8
L_1	I	2,203	0,44	0,16
	II	2,21	0	0,56
L_2	I	2,28	0,46	0,15
	II	2,72	0,046	0,56

F_1 = Fläche des Zahnbogens

F_2 = Fläche der apikalen Basis

L_1 = Breite des Zahnbogens

L_2 = Breite der apikalen Basis

$\hat{\sigma}_A^2$ = Varianzkomponente der Kieferabdrücke

$\hat{\sigma}_B^2$ = Varianzkomponente der übertragenen Kurve

$\hat{\sigma}_e^2$ = Varianzkomponente der gemessenen Fläche

I = Symmetrograph nach KORKHAUS

II = neues Übertragungsgerät

Die Varianzkomponente $\hat{\sigma}_A^2$ ist bestimmt durch die untersuchten Kieferabdrücke von verschiedenen Personen. Sie ist vorgegeben und somit nicht beeinflussbar.

Die Varianzkomponente $\hat{\sigma}_e^2$ wird bestimmt durch die Messung mit dem Planimeter. Sie ist von der Tagesform und dem Trainingszustand der damit arbeitenden Person abhängig. Da das selbe Gerät bei beiden Meßreihen verwendet wurde, kann der einfließende Fehler nur durch das Bedienungspersonal beeinflusst werden.

Die Varianzkomponente $\hat{\sigma}_B^2$ wird durch das Meßgerät bestimmt. Hier haben sich bei der Übertragung mit dem Symmetrographen nach KORKHAUS große Standardabweichungen gezeigt, die eindeutig gerätebedingt, d.h. konstruktionsbedingt sind. Hier ist jedoch im Gegensatz zu den beiden anderen Varianzquellen die Möglichkeit gegeben, darauf einzuwirken. Dies geschah durch die Entwicklung eines neuen Übertragungsgerätes, das, wie Tabelle 5 zeigt, deutlich günstigere Werte bei der Bestimmung der Fläche liefert.

Die Ergebnisse der Streckenmessungen L_1 und L_2 , siehe Tabelle 3 und 4, sind durch das neue Übertragungsgerät nicht wesentlich zu verbessern. Der Gesamtfehler wird hier Überwiegend durch Fehler bei der Festlegung der Punkte, die die entsprechenden Strecken begrenzen, als auch andererseits durch die Messung der Strecken mit dem Planimeter bestimmt. Beide Fehlerquellen Überwiegen. Der Gesamtfehler kann durch das neue Meßgerät nicht entscheidend verbessert werden.

Hier empfiehlt sich die direkte Messung am Modell mit einer Schieblehre.

Zum Vergleich der durch die beiden Übertragungsgeräte verursachten Varianzen wurden F - Tests durchgeführt. Dazu sind die entsprechenden Summen der Abstandsquadrate zu berechnen (vergl. z.B. SCHEFFÉ, 31):

$$SQ_B = K \sum_{i,j} (x_{ij} - x_{i..})^2$$

x_{ij} = Mittelwert für j-te Kurve in i-ter Person

$x_{i..}$ = Mittelwert für i-te Person

(" , ") als Index bedeutet Mitteilung über die entsprechende Größe.

Tabelle 6. F - Tests zum Vergleich der Varianzen, die durch die beiden Übertragungsgeräte verursacht werden.

		SQ_B	F - Quotient	P
F_1	I	62 198	2,24	<0,001
	II	27 729		
F_2	I	201 918	8,28	<0,001
	II	24 385		
L_1	I	78 194	3,24	<0,001
	II	24 151		
L_2	I	82 563	3,21	<0,001
	II	25 746		

Da die F - Quotienten zum Teil erheblich über dem Tabellenwert $F_{80, 80; 0.999} = 2,014$ liegen, sind alle verglichenen Paare von Varianzen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 1\%/100$ signifikant verschieden.

5. Diskussion

Aufgrund des Studiums der Literatur über die Messung der apikalen Basis und der dazu benutzten Geräte bzw. Meßverfahren wurden die Bedingungen festgelegt, die das neue Übertragungsgerät zu erfüllen hat.

Es fiel die Wahl auf ein mechanisches Gerät, das nach dem heutigen Stand der feinmechanischen Technik konstruiert wurde.

Das konstruierte mechanische Gerät zeichnet sich durch geringe Störanfälligkeit und durch Einfachheit der Bedienung aus. Dies wurde erreicht durch einfache Fixierung der Modelle auf einem Drehteller. So ist es möglich, auch größere Serien von Modellen in kurzer Zeit abzutasten, zu übertragen und flächenmäßig zu erfassen. Dem kommt vor allem bei der Erstellung von wissenschaftlichen Untersuchungen Bedeutung zu.

Gegenüber optischen Übertragungsgeräten hat ein mechanisches Gerät Vorteile. Die äußern sich unter anderem darin, daß untersichgehende Modellareale, wie z.B. die apikale Basis von okklusal her betrachtet, ohne größeren Aufwand abgetastet und übertragen werden können.

Für Übertragungen des Zahnbogens allein, wäre auch der Okklusograph nach KINAST (24) geeignet.

Zur Übertragung der apikalen Basis mit diesem Gerät müßten jedoch die Modelle in verschiedenen

Höhen geschnitten werden um so den nötigen Einblick zu erhalten.

Dies entfällt bei einem entsprechend gestalteten mechanischen Übertragungsgerät durch die besondere Formgebung der Abtastnadel.

Für wissenschaftliche Untersuchungen über die apikale Basis eignen sich auch Fernröntgenverfahren. Sie haben den Vorteil leicht zu standardisierender Bedingungen und geringen Zeitaufwandes. Die Einrichtungen dazu sind zumeist vorhanden.

Der Nachteil aber liegt in der auf zwei Dimensionen reduzierten Abbildung des dreidimensionalen Gebißkomplexes; Flächen, die parallel zum Strahlengang liegen, werden als Strecken projiziert.

Anhand des frontalen Fernröntgenbildes hat z.B. DAUSCH - NEUMANN (7) Beziehungen zwischen apikaler Basis und Zahnbogenbreite hergestellt.

Um auf röntgenologischem Wege eine Aussage über die Ausdehnung der apikalen Basis machen zu können, würde sich die Anwendung der Tomographie empfehlen. Mit Hilfe dieses Schichtaufnahmeverfahrens wäre es möglich, die Ausdehnung der apikalen Basis an bestimmter Stelle zu gewinnen.

Ob der Aufwand sowie die Strahlenbelastung die Anwendung der Tomographie zu diesem Zwecke rechtfertigen, ist jedoch mehr als fraglich.

Einen gewissen Eindruck von der Ausdehnung der apikalen Basis liefert die klinische Inspektion und Palpation, wie sie SCHWARZ (33) angegeben hat.

Das Verfahren ist für den klinischen Gebrauch nützlich, wegen der fehlenden Objektivierbarkeit für wissenschaftliche Untersuchungen jedoch nicht brauchbar und auch für die individuelle Diagnostik letztlich zu ungenau.

Auch das von MARTIN u. SALLER (28) angegebene Verfahren der Übertragung mittels Bleidraht im Adaptionsverfahren ist für wissenschaftliche Untersuchungen ungeeignet.

So erklärt sich die Entscheidung für ein mechanisches Übertragungsgerät.

Eine Neuentwicklung wurde notwendig, weil die vorhandenen Geräte, z.B. der Symmetrograph nach KORKHAUS (s.S. 10), dem heutigen Stand der Feinmechanik nicht mehr entsprechen und für die Erfassung untersichgehender Partien nicht geeignet sind.

Eines der Ziele in der Entwicklung des neuen Gerätes war; Große Genauigkeit in der Übertragung.

Deswegen wurde auf kurze direkte Wege zwischen Abtastnadel und Aufzeichnvorrichtung Wert gelegt. Die Zahl der Gelenke wurde reduziert, die Gelenke spielfrei gestaltet.

Der Erfolg dieser Bemühungen drückt sich in der deutlich geringeren Standardabweichung bei der Ermittlung der Fläche aus.

Hier wurden Voraussetzungen geschaffen, um in weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen Zusammenhänge zwischen der apikalen Basis und der Zahnbogengröße zu untersuchen.

Bei der Bestimmung der transversalen Ausdehnung im Bereich der Kontaktpunkte 6/5 hat sich jedoch keine eindeutige Überlegenheit des neuen Gerätes gezeigt. Dies beruht auf den bei dieser Messung anfallenden Fehlerquellen, die sich summieren:

- die Bestimmung der Kontaktpunkte ist ungenau,
- das Übertragungsgerät liefert einen weiteren Fehler,
- der Fehler durch die Messung der Strecke mit dem Planimeter kommt hinzu.

Hier empfiehlt sich die direkte Messung am Modell mit einem Längenmeßgerät, z.B. einer Schieblehre. Dies hätte den Vorteil der Zeitersparnis und der höheren Genauigkeit.

Der relativ große Fehler bei der Flächenbestimmung der übertragenen Kurven durch das Planimeter, läßt sich durch Übung in der Handhabung des Planimeters verringern.

Ob der Fehler in diesem Bereich evtl. durch den Einsatz von EDV - Anlagen reduziert werden kann, bedarf weiterer Untersuchungen. Auch der Aufwand in Relation zum Zugewinn an Genauigkeit muß berücksichtigt werden.

Der Einsatz des neuen Gerätes bringt jedoch eine deutliche Zunahme der Genauigkeit in der Flächenbestimmung der apikalen Basis.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, ein Übertragungsgerät zu konstruieren, mit dem man die apikale Basis mit hoher Genauigkeit vom Modell auf eine Zeichenunterlage übertragen kann.

Ferner sollte mit Hilfe einer kleinen statistischen Untersuchungsreihe die Brauchbarkeit des neuen Gerätes belegt werden.

Aufgrund verschiedener Überlegungen fiel die Wahl auf ein mechanisches Übertragungsgerät.

Der wesentliche Bestandteil des beschriebenen Gerätes ist das doppelte Scherengelenk, das auf der einen Seite eine Abtastvorrichtung und auf der anderen Seite eine Schreibvorrichtung aufweist.

Die Abtastvorrichtung ist so gestaltet, daß auch unterschichgehende Modellareale einfach abgetastet werden können. Durch Austausch einer Kugelschreibermine in der Schreibvorrichtung können farblich unterschiedliche Übertragungen gezeichnet werden.

Auf einfache Handhabung des Gerätes wurde bei der Konzeption besonderer Wert gelegt. Die Gelenke, die einen wichtigen Garant für Genauigkeit in der Übertragung darstellen, wurden technisch aufwendig gestaltet.

Die Übertragungsgenauigkeit des Gerätes wurde im direkten Vergleich zu dem bekannten Symmetrograph nach KORKHAUS geprüft.

Es hat sich eine deutliche Überlegenheit des neuen Gerätes bei der Flächenbestimmung ergeben.

Bei der Bestimmung von transversalen Ausdehnungen, ist den direkten Methoden, d.h. Messen von Strecken am Modell, der Vorzug zu geben.

Mit der Konstruktion des Übertragungsgerätes wurden wesentliche Grundlagen für weitere Untersuchungen zur metrischen Erfassung der apikalen Basis geschaffen.

7. Literaturverzeichnis

1. ANDRESEN, V. und HÄUPL, K. : Funktionskieferorthopädie. Die Grundlagen des "Norwegischen Systems". Meusser Leipzig 1936.
2. ANGELL, E.C. : In: HOFFMANN - AXTHELM, W.: Lexikon der Zahnheilkunde. Quintessenz, Berlin 1978, S. 217.
3. BLUNTSCHLI, H. : Anthropologie der Kiefer und Zähne.
In: KANTOROWICZ, A.: Handwörterbuch der gesamten Zahnheilkunde. Bd. 1, S. 148, Barth und Meusser, Leipzig, Berlin 1929.
4. BOESEN, P. : Untersuchung über die Natur orthodontischer Zahnbewegungen, insbesondere bei der Oberkieferdehnung. Med. Diss., Bonn 1939.
5. BRAUN, D. : Die Kieferkompression im frontalen Fernröntgenbild. Med. Diss., Tübingen 1966.

6. BRUHN, CH. : Handbuch der Zahnheilkunde.
4. Band
Gebiß-, Kiefer- und Gesichts-
orthopädie.
Bergmann,
München 1939.
7. DAUSCH - NEUMANN, D. : Kieferkompression und Deck-
biß im frontalen Fernrönt-
genbild.
Fortschr. Kieferorthop., 33
(1972), 11.
8. DEMISCH, A.F. : Die Beeinflussung der api-
kalen Basis bei der Kiefer-
dehnung mit Platten.
Med. Diss., Zürich 1953.
9. DERICHSWEILER, H. : Die Gaumennahterweiterung.
Hanser,
München, Wien 1956.
10. DERICHSWEILER, H. : Beeinflussung der apikalen
Basis durch kieferorthopä-
dische Maßnahmen.
Fortschr. Kieferorthop., 24
(1963), 46.
11. DEWEY, M. : In: BOESEN, P.:
Untersuchung über die
Natur orthodontischer
Zahnbewegungen, insbe-
sondere bei der Ober-
kieferdehnung.
Med. Diss., Bonn 1939,
S. 36.

12. FALCK, F. : Vergleichende Untersuchungen
über die Entwicklung der
apikalen Basis nach kiefer-
orthopädischer Behandlung
mit der aktiven Platte und
dem Funktionsregler.
Fortschr. Kieferorthop., 30
(1969), 225.
13. FRÄNKEL, R. : Funktionskieferorthopädie
und der Mundvorhof als ap-
parative Basis.
VEB Volk und Gesundheit,
Berlin 1967.
14. FRÄNKEL, R. : Technik und Handhabung der
Funktionsregler.
Karger,
Basel, München, Paris, Lon-
don, New York, Tokyo, Sydney
1984.
15. GEHRING, H.. : Die Bewegung der Zähne bei
Kieferdehnung mit Platten.
Med. Diss., Zürich 1950.
16. HAGEMANN, R. : Der Deckbiß im frontalen
Fernröntgenbild.
Med. Diss., Tübingen 1968.
17. HAUSSER, E. : Nachentwicklung der apika-
len Basis.
Fortschr. Kieferorthop., 23
(1962), 290.

18. HERREN, P. : Modifikation des Pont'schen Index' für die Arcogrammetrietechnik.
Fortschr. Kieferorthop., 35 (1974), 142.
19. HERREN, P. : Kombinations - Prognose der wichtigsten Transversal-
durchmesser des Zahnbogens.
Fortschr. Kieferorthop., 37 (1976), 74.
20. HERREN, P. : Die Prognose von Größe und Form des Zahnbogens.
Fortschr. Kieferorthop., 38 (1977), 333.
21. HERREN, P. : Die quantitative Erfassung des Zahnbogens mittels des Polygonzuges bei idealen und anomalen Zahnbogenformen.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk., 83 (1973), 682.
22. HOFFMANN - AXTHELM, W.: Lexikon der Zahnmedizin.
Quintessenz,
Berlin 1978, S. 54.
23. JONAS, I., DEBRUNNER, M. und RAKOSI, TH. : Beurteilung der Wirkungsweise abnehmbarer Behandlungsmittel auf die transversale Dimension und Interkuspitation.
Fortschr. Kieferorthop., 37 (1976), 277.

24. KINAST, H. : Darstellung der synthetographischen Schritte zum Nachweis der Extraktionsindikation.
Information aus Orthodontie und Kieferorthopädie 16 (1984), 281.
25. KORKHAUS, G. : Über die Beeinflussung der apikalen Basis bei der Zahnbogenerweiterung.
Fortschr. Kieferorthop., 24 (1963), 33.
26. LIEB, G. : Apikale Basis im Zwischenkieferbereich und Achsenstellung der oberen mittleren Schneidezähne.
Fortschr. Kieferorthop., 26 (1965), 465.
27. LUNDSTRÖM, A. : Malocclusion of the teeth regarded as a problem in connection with the apical base.
Fahlcrantz,
Stockholm 1923.
28. MARTIN, R. und SALLER, K. : Lehrbuch der Anthropologie.
Bd. 1.
Fischer,
Stuttgart 1957, S. 170 ff. und 500.

29. MELA, B. : Int BOESEN, P.:
Untersuchung über die
Natur orthodontischer
Zahnbewegungen, insbe-
sondere bei der Ober-
kieferdehnung.
Med. Diss., Bonn 1939,
S. 42.
30. MÜLLER, G. : Apikale Basis und Vertikal-
entwicklung.
Fortschr. Kieferorthop., 23
(1962), 304.
31. SCHEFFÉ, H. : The Analysis of Variance.
John Wiley & Sons, Inc.,
New York 1959, S. 253.
32. SCHWARZ, A.M. : Gebißregelung mit Platten.
Zahnärztliche Fortbildung,
Heft 5.
Urban & Schwarzenberg,
Berlin, Wien 1938.
33. SCHWARZ, A.M. : Lehrgang der Gebißregelung.
Bd. 1 u. 2.
Urban & Schwarzenberg,
Wien, Innsbruck 1953.
34. VAN DER LINDEN, F. : Gesichtswachstum und faziale
Orthopädie.
Quintessenz,
Berlin, Chicago, London,
Rio de Janeiro, Tokio 1984,
S. 113.

Herrn Professor Dr. H.G. Sergl
möchte ich für die Über-
lassung des Themas und
die hilfreiche Unterstützung
bei dieser Arbeit
meinen Dank aussprechen.

Ebenso danke ich den
Mitarbeitern des Institutes
für Medizinische Statistik
und Dokumentation, ins-
besondere Herrn Dr. M. Berres,
für ihre Anregung und
Beratung.

Dank gebührt auch
Herrn Dr. C. Khaledpour
vom Anatomischen Institut
für die Hilfe
bei der Durchführung der
Planimetrie.

Lebenslauf

Ich wurde am 23. November 1949 als Sohn der Eheleute Kurt und Gertrud Klueglein, geborene Sittig, in Frankfurt/M. - Höchst, Kreis Frankfurt, geboren.

Von 1956 bis 1960 besuchte ich die Niddaschule in Frankfurt/M. - Nied.

Anschließend erfolgte meine Aufnahme in das Leibniz - Gymnasium in Frankfurt/M. - Höchst, an dem ich 1969 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1971 begann ich das Studium der Architektur an der Fachhochschule in Frankfurt/M., das ich im Sommer 1975 erfolgreich beendete.

Im Wintersemester 1976 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Albert - Ludwigs Universität in Freiburg im Breisgau.

Im Sommer 1977 legte ich dann nach 2 Semestern die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab.

Zum Wintersemester 1977/78 wechselte ich zur Johannes - Gutenberg Universität Mainz über, an der ich nach weiteren 3 Semestern im Frühjahr 1979 die zahnärztliche Vorprüfung ablegte.

Nach 5 klinischen Semestern beendete ich im Sommer 1981 das Studium der Zahnheilkunde mit dem Staatsexamen.

Seit dem 1. April 1982 bin ich Assistent in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Mainz.

Ende März 1985 werde ich die Facharztprüfung zum Kieferorthopäden ablegen.

